

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/016943 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02M 61/18**
(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2003/001370**
(22) Internationales Anmeldedatum:
29. April 2003 (29.04.2003)
(25) Einreichungssprache: **Deutsch**
(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
(30) Angaben zur Priorität:
102 32 050.0 16. Juli 2002 (16.07.2002) **DE**
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **TESCHNER, Werner**
[DE/DE]; Bernsteinstr. 24, 70619 Stuttgart (DE). **WEST-
PHAL, Claus** [DE/DE]; Keltenstr. 7, 71723 Grossbottwar
(DE). **CHRIST, Wilhelm** [DE/DE]; Frankfurter Str. 29,
71634 Ludwigsburg (DE). **BOTHE, Ulrich** [DE/DE];
Bertolt-Brecht-Str. 13, 70469 Stuttgart (DE). **REDLICH,
Alexander** [DE/DE]; Friesenstr. 9, 70771 Leinfelden-Ech-
terdingen (DE).

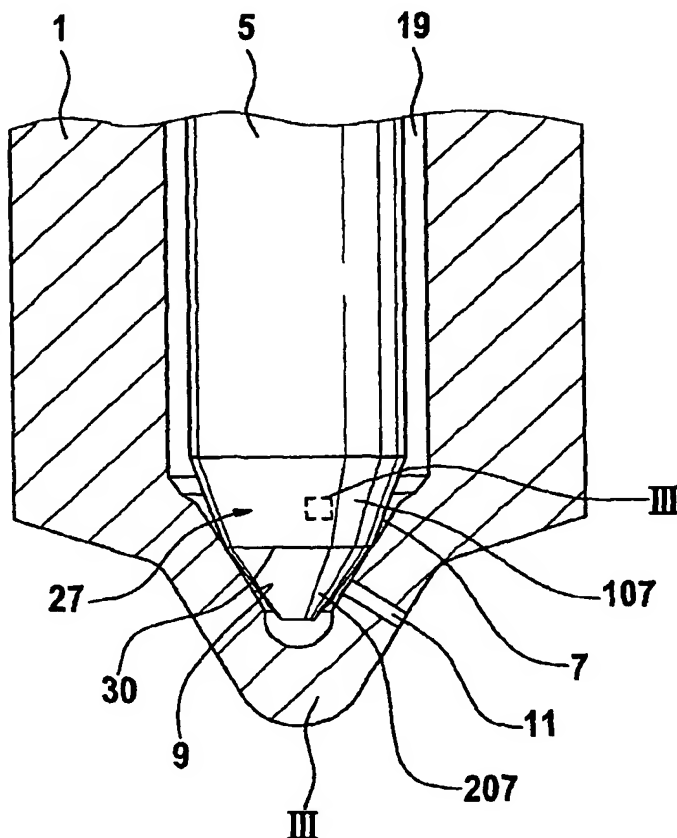
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (national): **CN, JP, US.**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **FUEL-INJECTION VALVE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

(54) Bezeichnung: **KRAFTSTOFFEINSPRITZVENTIL FÜR BRENNKRAFTMASCHINEN**



(57) Abstract: The invention relates to a fuel-injection valve for internal combustion engines comprising a valve body (1), in which a plunger-shaped valve needle (5) is located in a bore (3). The bore (3) is delimited at the combustion chamber end by a valve seat (9), which co-operates with a valve sealing surface (7) that is configured on the valve needle (5) in such a way that the opening of at least one injection orifice (11) configured at the combustion chamber end of the valve body (1) is controlled by the longitudinal displacement of the valve needle (5). Micro-depressions are configured on the valve sealing surface (7) and/or the valve seat (9).

(57) Zusammenfassung: Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem in einer Bohrung (3) eine kolbenförmige Ventilnadel (5) angeordnet ist. Die Bohrung (3) wird an ihrem brennraumseitigen Ende von einem Ventilsitz (9) begrenzt, welcher mit einer an der Ventilnadel (5) ausgebildeten Ventildichtfläche (7) zusammenwirkt, so dass durch die Längsbewegung der Ventilnadel (5) die Öffnung wenigstens einer am brennraumseitigen Ende des Ventilkörpers (1) ausgebildeten Einspritzöffnung (11) gesteuert wird. An der Ventildichtfläche (7) und/oder dem Ventilsitz (9) sind Mikrovertiefungen ausgebildet.

WO 2004/016943 A1

BEST AVAILABLE COPY



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen

Stand der Technik

Die Erfindung geht von einem Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen aus, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist, beispielsweise aus der Offenlegungsschrift DE 196 18 650 A1. In einem Ventilkörper ist eine Bohrung ausgebildet, in der eine kolbenförmige Ventilnadel längsver-schiebbar angeordnet ist, die an ihrem brennraumseitigen Ende eine Ventildichtfläche aufweist. Am brennraumseitigen Ende wird die Bohrung vom einem Ventilsitz begrenzt, mit dem die Ventildichtfläche der Ventilnadel zusammenwirkt und so durch ihre Längsbewegung die Öffnung wenigstens einer Einspritzöffnung steuert, die am brennraumseitigen Ende des Ventilkörpers ausgebildet ist.

Der Ventilsitz und die Ventildichtfläche sind zumindest im wesentlichen konisch ausgebildet. Durch die kurzen Öffnungszeiten des Kraftstoffeinspritzventils muss die Ventilnadel mit sehr großen Kräften bewegt werden, um entsprechend kleine Schaltzeiten zu erreichen. Dadurch erreicht die Ventilnadel hohe Geschwindigkeiten, mit der sie bei der Schließbewegung mit der Ventildichtfläche auf den Ventilsitz aufschlägt. Insbesondere bei sogenannten Common-Rail-Einspritzsystemen, wie sie beispielsweise aus der DE 198 27 267 A1 bekannt sind, ergeben sich deshalb hohe Anforderungen an den Ventilsitz und die Ventilnadel, um eine hohe Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils und eine möglichst über

die gesamte Lebensdauer gleichbleibende Einspritzcharakteristik zu erreichen.

Die Bewegung der Ventilnadel in der Bohrung geschieht beispielsweise dadurch, dass auf die Ventilnadel in Richtung des Ventilsitzes eine Schließkraft wirkt. Die der Schließkraft entgegengerichtete Öffnungskraft auf die Ventilnadel ergibt sich durch Beaufschlagung der Ventilnadel mit Kraftstoff unter Druck, wobei auch ein Teil der Ventildichtfläche hierbei eine hydraulisch wirksame Kraft erfährt. Bei den bisher bekannten Kraftstoffeinspritzventilen kommt es im Betrieb zu einem Sitzverschleiß, das heißt, dass sich die Ventildichtfläche und der Ventilsitz mit der Zeit aneinander angleichen und sich die hydraulisch wirksame Teilfläche der Ventildichtfläche verändert. Dadurch ist die Einspritzung nicht mehr optimal und es kann zu erhöhten Abgasemissionen kommen.

Im Hochdruckbereich von Common-Rail-Kraftstoffeinspritzventilen, wozu auch der Bereich des Ventilsitzes zählt, kommt es als Folge der Einspritzvorgänge in der Regel zu Druckschwingungen. Zwischen zwei Einspritzungen treten dadurch oszillierende Kräfte auf den Ventilsitz und die Ventildichtfläche auf, die der hohen konstanten Grundlast durch den ständig anliegenden Hochdruck überlagert ist. Dadurch tritt zwischen Ventildichtfläche und Ventilsitz Verschleiß auf, der die Lebensdauer des Kraftstoffeinspritzventils beeinträchtigt.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass das Kraftstoffeinspritzventil ein besseres Driftverhalten der Einspritzmenge und eine längere Lebensdauer aufweist. Die Ventildichtfläche der Ventilnadel

und/oder des Ventilsitzes weisen Mikrovertiefungen im Kontaktbereich auf, die zu einer verbesserten Schmierung zwischen Ventilsitz und Ventalnadel im hochbelasteten Bereich führen. Durch eine gezielte Anpassung der Mikrovertiefungen, die in ihrer Gesamtheit eine Mikrostrukturierung bilden, an die tribologisch relevante Beanspruchung wird der Verschleiß am Ventilsitz reduziert und damit die Lebensdauer des Einspritzsystems erhöht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Gegenstandes der Erfindung sind die Mikrovertiefungen als einzelne, voneinander getrennte Nöpfchen ausgebildet. Bei einem Durchmesser der einzelnen Nöpfchen von beispielsweise 5 μm , die mit einem Abstand von ebenfalls 5 μm in einem Rechteckraster angeordnet sind, lassen sich bis zu 10.000 Schmierdepots pro mm^2 ausbilden. Bei einem größeren Durchmesser der Nöpfchen sind entsprechend weniger pro Flächeneinheit vorhanden. Die Anordnung der Nöpfchen kann auch in der Weise optimiert werden, dass der Abstand der Nöpfchen voneinander in Umfangsrichtung der Ventildichtfläche bzw. des Ventilsitzes vom Abstand in Längsrichtung verschieden ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Mikrovertiefungen als Nuten oder Nutsegmente ausgebildet, die entweder voneinander getrennt sind oder sich teilweise überlappen oder kreuzen. Es kann hierbei vorteilhaft sein, wenn die Nuten über den gesamten Umfang der Ventildichtfläche der Ventalnadel und/oder des Ventilsitzes verlaufen, was sich einfach herstellen lässt.

Aufgrund der geringen Tiefe der Mikrovertiefungen können diese mit verschiedenen Verfahren an der Dichtfläche des Ventilglieds ausgebildet werden. Beispielsweise sind hierfür Laserbearbeitung, Hartdrehen, Funkenerosion oder lithographische Verfahren geeignet. Mit diesen Verfahren lässt sich

eine große Zahl von Schmierdepots kostengünstig und in kurzer Zeit herstellen.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung sind der Beschreibung und der Zeichnung entnehmbar.

Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils dargestellt. Es zeigt die

Figur 1 ein Kraftstoffeinspritzventil im wesentlichen Bereich im Längsschnitt,

Figur 2 eine Vergrößerung des mit II bezeichneten Ausschnitts der Figur 1,

Figur 3a,

Figur 3b und

Figur 3c eine Vergrößerung von Figur 2 im mit III bezeichneten Ausschnitt verschiedener Ausführungsbeispiele und

Figur 4 dieselbe Ansicht wie Figur 2 mit Nuten als Mikrovertiefungen.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventils in seinem wesentlichen Ausschnitt im Längsschnitt dargestellt. In einem Ventilkörper 1 ist eine Bohrung 3 ausgebildet, in der eine kolbenförmige Ventilspritznadel 5 längsverschiebbar angeordnet ist. Der Ventilkörper 1 ist hierbei in einer in der Zeichnung nicht dargestellten Brennkraftmaschine angeordnet, so dass er mit seinem brennraumseitigen Ende in den Brennraum der Brennkraftmaschine ragt beziehungsweise einen Teil der Wandung des Brennraums bildet. Die Ventilspritznadel 5 weist brennraumabgewandt einen Führungsabschnitt 15 auf, der in einem Führungsbereich 23

der Bohrung 3 dichtend geführt ist. Ausgehend vom Führungsabschnitt 15 verjüngt sich die Ventilnadel 5 dem Brennraum zu unter Bildung einer Druckschulter 13, die die Ventilnadel 5 auf ihrem gesamten Umfang umgibt. An ihrem brennraumseitigen Ende geht die Ventilnadel 5 in eine im wesentlichen konische Ventildichtfläche 7 über, die mit einem Ventilsitz 9 zusammenwirkt, der ebenfalls im wesentlichen konisch geformt ist und der die Bohrung 3 an ihrem brennraumseitigen Ende begrenzt. Im Ventilsitz 9 ist wenigstens eine Einspritzöffnung 11 ausgebildet, die den Ventilsitz 9 mit dem Brennraum der Brennkraftmaschine verbindet. Zwischen der Ventilnadel 5 und der Wand der Bohrung 3 ist ein Druckraum 19 ausgebildet, der auf Höhe der Druckschulter 13 radial erweitert ist, wobei ein im Ventilkörper 1 ausgebildeter Zulaufkanal 25 in diese radiale Erweiterung mündet. Über den Zulaufkanal 25 kann der Druckraum 19 mit Kraftstoff unter hohem Druck befüllt werden, der dann den Druckraum 19 durchfließt und so bis zum Ventilsitz 9 gelangt.

Durch eine in der Zeichnung nicht dargestellte Vorrichtung wird eine konstante oder zeitlich veränderliche Schließkraft auf das brennraumabgewandte Ende der Ventilnadel 5 ausgeübt, so dass die Ventilnadel 5 mit ihrer Ventildichtfläche 7 in Anlage an den Ventilsitz 9 gedrückt wird. Dieser Schließkraft wirkt die hydraulische Kraft entgegen, die durch den Kraftstoffdruck im Druckraum 19 auf die Druckschulter 13 und auf Teile der Ventildichtfläche 7 wirkt. Zur Steuerung der Längsbewegung der Ventilnadel 5 in der Bohrung 3 werden diese beiden Kräfte eingesetzt. Übersteigt die hydraulische Kraft auf die Ventilnadel 5 die Schließkraft, so hebt die Ventilnadel 5 mit ihrer Ventildichtfläche 7 vom Ventilsitz 9 ab, und Kraftstoff fließt aus dem Druckraum 19 durch die Einspritzöffnungen 11 in den Brennraum der Brennkraftmaschine. Wird die Schließkraft erhöht beziehungsweise die hydraulische Kraft vermindert, so überwiegt die Schließkraft auf die Ventilnadel 5, und die Ventilnadel 5 gelangt mit ihrer

Ventildichtfläche 7 wieder in Anlage an den Ventilsitz 7, wodurch die Einspritzöffnungen 11 verschlossen werden.

In Figur 2 ist eine Vergrößerung des mit II bezeichneten Ausschnitts von Figur 1 gezeigt, also eine Vergrößerung des Ventilsitzbereichs des Kraftstoffeinspritzventils. Die Ventildichtfläche 7 unterteilt sich in zwei Konusflächen, von denen sich die erste Konusfläche 107 direkt an den zylindrischen Abschnitt der Ventilnadel 5 anschließt, während die zweite Konusfläche 207 an die erste Konusfläche 107 grenzt und die Spitze der Ventilnadel 5 bildet. Die erste Konusfläche 107 weist einen größeren Öffnungswinkel auf als die zweite Konusfläche 207, so dass am Übergang der beiden Konusflächen 107 und 207 eine Dichtkante 30 ausgebildet ist. Der Ventilsitz 9 weist einen Öffnungswinkel auf, der zwischen dem Öffnungswinkel der ersten Konusfläche 107 und dem der zweiten Konusfläche 207 liegt, so dass die Dichtkante 30 in Schließstellung der Ventilnadel 5 am Ventilsitz 9 zur Anlage kommt. Die Einspritzöffnungen 11, von denen in der Regel mehrere über den Umfang des Ventilkörpers 1 verteilt angeordnet sind, sind stromabwärts der Dichtkante 30 angeordnet, so dass sie durch die Ventilnadel 5 verschlossen werden können.

Die Schaltzeiten der Ventilnadel 5 sind sehr kurz: Da bei schnelllaufenden Brennkraftmaschinen, wie sie in Personenkraftwagen verwendet werden, mehr als 2000 Einspritzungen pro Minute stattfinden können, dauert ein Einspritzvorgang nur etwa 1 ms. Deshalb wirken auf die Ventilnadel 5 große Kräfte und damit hohe Beschleunigungen, die die Ventilnadel 5 mit großer Geschwindigkeit auf dem Ventilsitz 9 aufschlagen lassen, wobei sich im Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils die Dichtkante 30 etwas in den Ventilsitz 9 einschlagen wird, so dass es zu einer Anpassung zwischen Ventildichtfläche 7 und Ventilsitz 9 kommt. Die Ventildichtfläche 7 und der Ventilsitz 9 sind deshalb mechanisch äußerst

stark belastet. Auf der einen Seite darf der Sitzbereich des Ventilkörpers 1 nicht zu hart sein, um einen Bruch in diesem Bereich auszuschließen. Auf der anderen Seite darf sich die Dichtkante 30 im Betrieb nicht zu sehr in den Ventilsitz 9 einschlagen, da sich dann auch die vom Kraftstoff im Druckraum 19 beaufschlagte Teilfläche der Ventildichtfläche 7 ändert und damit der Druck, bei dem die Ventilnadel 5 entgegen der Schließkraft in Öffnungsrichtung bewegt wird. Eine Änderung dieses Öffnungsdrucks bewirkt auch eine Änderung der gesamten Öffnungsdynamik, so dass eine präzise Einspritzung nicht mehr gewährleistet ist.

Bei Einspritzventilen, bei denen ständig Kraftstoffhochdruck im Druckraum und damit auch am Ventilsitz anliegt, ergibt sich durch Druckschwingungen eine weitere Belastung. Durch das Schließen der Ventilnadel wird der Kraftstoff im Druckraum, der zum Ventilsitz hin fließt, abrupt abgebremst, so dass sich die kinetische Energie in Kompressionsarbeit umwandelt und infolge dessen Druckschwingungen auftreten, was zu einer periodischen Belastung im Bereich von Ventilsitz und Ventildichtfläche führt. Auf diese Weise beanspruchte Kraftstoffeinspritzventile werden hauptsächlich in Common-Rail-Einspritzsystemen verwendet. Außerdem kann bei Kraftstoffeinspritzventilen, bei denen die Schließkraft auf die Ventilnadel durch den hydraulischen Druck in einem Steuerraum erzeugt wird, Druckschwingungen in diesem Steuerraum auftreten, was ebenfalls zu periodischen Kräften auf die Ventilnadel in ihrer Schließstellung führen kann.

Um den Verschleiß an der Grenzfläche zwischen der Ventildichtfläche 7 und dem Ventilsitz 9 zu vermindern und damit die Lebensdauer zu erhöhen ist es vorgesehen, am Ventilsitz 9 oder an der Ventildichtfläche 7 Mikrovertiefungen auszubilden. Figur 3a zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel, bei dem ein vergrößerter Ausschnitt der Ventildichtfläche 7 dargestellt ist, der in Figur 2 mit III bezeichnet ist. Die

Ventildichtfläche 7 ist mit Näpfchen 32 bedeckt, die einzeln ausgebildet und voneinander beabstandet sind. Die Näpfchen 32 sind kreisrunde Mikrovertiefungen, die in diesem Beispiel in einem Rechteckmuster angeordnet sind. Die Tiefe der Näpfchen beträgt 0,5 μm bis 50 μm , wobei eine Tiefe von 3 μm bis 20 μm besonders vorteilhaft ist. Die Näpfchen haben einen Durchmesser zwischen 5 μm und 100 μm , wobei sich eine Größe von 10 μm bis 50 μm als besonders vorteilhaft erwiesen hat. Der Abstand der Näpfchen 32 voneinander ist im Bereich von 5 μm bis 500 μm , kann aber in bestimmten Fällen auch außerhalb dieses Bereichs liegen.

Durch die Näpfchen 32 wird ein Kraftstoff-Schmierfilm auf der Ventildichtfläche 7 gehalten, so dass auch bei geschlossener Ventilnadel 5, also wenn diese auf dem Ventilsitz 9 aufliegt, eine ausreichende Schmierung zwischen diesen Bauteilen gewährleistet ist. Es wird so der Verschleiß zwischen der Ventildichtfläche 7 und dem Ventilsitz 9 vermindert, wenn es durch die verschiedenen Betriebszustände des Kraftstoffeinspritzventils zu Druckschwingungen im Druckraum 19 kommt und damit zu Verformungen des Ventilkörpers 1 im Bereich des Ventilsitzes 9. Der gleiche, verschleißmindernde Effekt wird erreicht, wenn solche Näpfchen 32 neben der Ventildichtfläche 7 auch im Ventilsitz 9 ausgebildet sind. Es kann auch vorgesehen sein, nur im Ventilsitz 9 Näpfchen 32 und damit eine Mikrostruktur auszubilden, jedoch wird es im allgemeinen leichter sein, eine Mikrostruktur auf der Ventildichtfläche 7 der Ventilnadel 5 auszubilden, da diese leichter zugänglich ist.

Figur 3b zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für Mikrovertiefungen in der Ventildichtfläche 7, wobei der dargestellte Ausschnitt gleich dem der Figur 3a ist. Anstelle von Näpfchen sind hier Nutsegmente 35 ausgebildet, die in diesem Beispiel konzentrisch um ein Zentrum angeordnet sind. Die Nutsegmente 35 ergeben eine Vorzugsrichtung, so dass die

Schmierwirkung dieser Mikrovertiefungen durch eine geeignete Orientierung auf der Ventildichtfläche 7 optimiert werden kann. Auch hier kann es vorgesehen sein, die Nutsegmente 35 auch oder ausschließlich auf dem Ventilsitz 9 auszubilden, je nach dem, was für die Schmierwirkung geeigneter ist oder weniger Kosten verursacht.

Figur 3c zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Mikrovertiefungen, die hier als Nuten 38 ausgebildet sind. Der gezeigte Ausschnitt entspricht in seiner Größe der Figur 3a und 3b. Die Nuten 38 verlaufen beispielsweise parallel zu einander und in tangentialer Richtung auf der Ventildichtfläche 7. In Figur 4 ist dies beispielhaft an der ersten Konusfläche 107 dargestellt. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass sich die Nuten überkreuzen, wie dies in Figur 4 an der zweiten Konusfläche 207 dargestellt ist. Durch die Orientierung der Nuten 38, ihre Breite und ihre Tiefe lassen sich auch hier die Schmiereigenschaften einstellen und so optimieren.

Die Herstellung der Mikrovertiefungen 32, 35, 38 kann mit verschiedenen Techniken erfolgen. So eignet sich für Nuten 38 Feindrehen, Hartdrehen oder eine Strahlbearbeitung. Näpfchen 32 können beispielsweise durch Mikroprägen, Funkenerosion oder mit lithographischen oder elektrochemischen Verfahren eingebracht werden. Die gleichen Verfahren eignen sich auch für die Herstellung der Nutsegmente 35. Nach dem Einbringen der Mikrostruktur in Ventildichtfläche 7 oder Ventilsitz 9 ist es vorgesehen, die Oberfläche nachzubehandeln, beispielsweise durch Läppen, Feinschleifen oder Finishen. Welches Verfahren im einzelnen ausgewählt wird, hängt von der Art der Mikrovertiefungen, vom Material und von der Größe der zu bearbeitenden Fläche ab.

Ansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen mit einem Ventilkörper (1), in dem in einer Bohrung (3) eine kolbenförmige Ventilnadel (5) angeordnet ist, und mit einem Ventilsitz (9), der am brennraumseitigen Ende der Bohrung (3) ausgebildet ist und der mit einer an der Ventilnadel (5) ausgebildeten Ventildichtfläche (7) zusammenwirkt, so dass durch die Längsbewegung der Ventilnadel (5) die Öffnung wenigstens einer am brennraumseitigen Ende des Ventilkörpers (1) ausgebildeten Einspritzöffnung (11) gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventildichtfläche (7) und/oder der Ventilsitz (9) Mikrovertiefungen (32; 35; 38) aufweisen.
2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) einzeln und voneinander getrennt ausgebildet sind.
3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) als Näpfchen (32) ausgebildet sind.
4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Näpfchen (32) in Umfangsrichtung der Ventilnadel (5) gesehen einen kleineren Abstand zueinander aufweisen als in Längsrichtung der Ventilnadel (5).
5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Näpfchen (32) in Umfangsrichtung der Ventildichtfläche (7) einen größeren Abstand zwi-

scheneinander aufweisen als in Längsrichtung der Ventilenadel (5).

6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) einen Abstand (a) voneinander zwischen 5 μm und 500 μm aufweisen.
7. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) als Nuten (38) ausgebildet sind.
8. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) als Nutsegmente (35) ausgebildet sind.
9. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) zumindest teilweise überkreuzen.
10. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) in konzentrischen Kreisen um den gesamten Umfang der Ventiltichtfläche (7) und/oder des Ventilsitzes (9) verlaufen.
11. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) zumindest teilweise überlappen.
12. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) eine Tiefe zwischen 0,5 μm und 50 μm , vorzugsweise zwischen 3 μm und 20 μm aufweisen.

13. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) eine Breite (b) zwischen 5 μm und 100 μm , vorzugsweise zwischen 10 μm und 50 μm aufweisen.
14. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) durch Strahlbearbeitung, Laserbearbeitung, Hartdrehen, Mikroprägen, Funkenerosion oder durch lithographische oder elektrochemische Verfahren gefertigt sind.
15. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (38) durch Feindrehen gefertigt sind.
16. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrovertiefungen (32; 35; 38) nach dem Feinbearbeiten der Ventildichtfläche (7) und des Ventilsitzes (9) eingebracht sind und die Flächen anschließend durch Läppen, Feinschleifen oder Finishen nachbearbeitet sind.

1 / 4

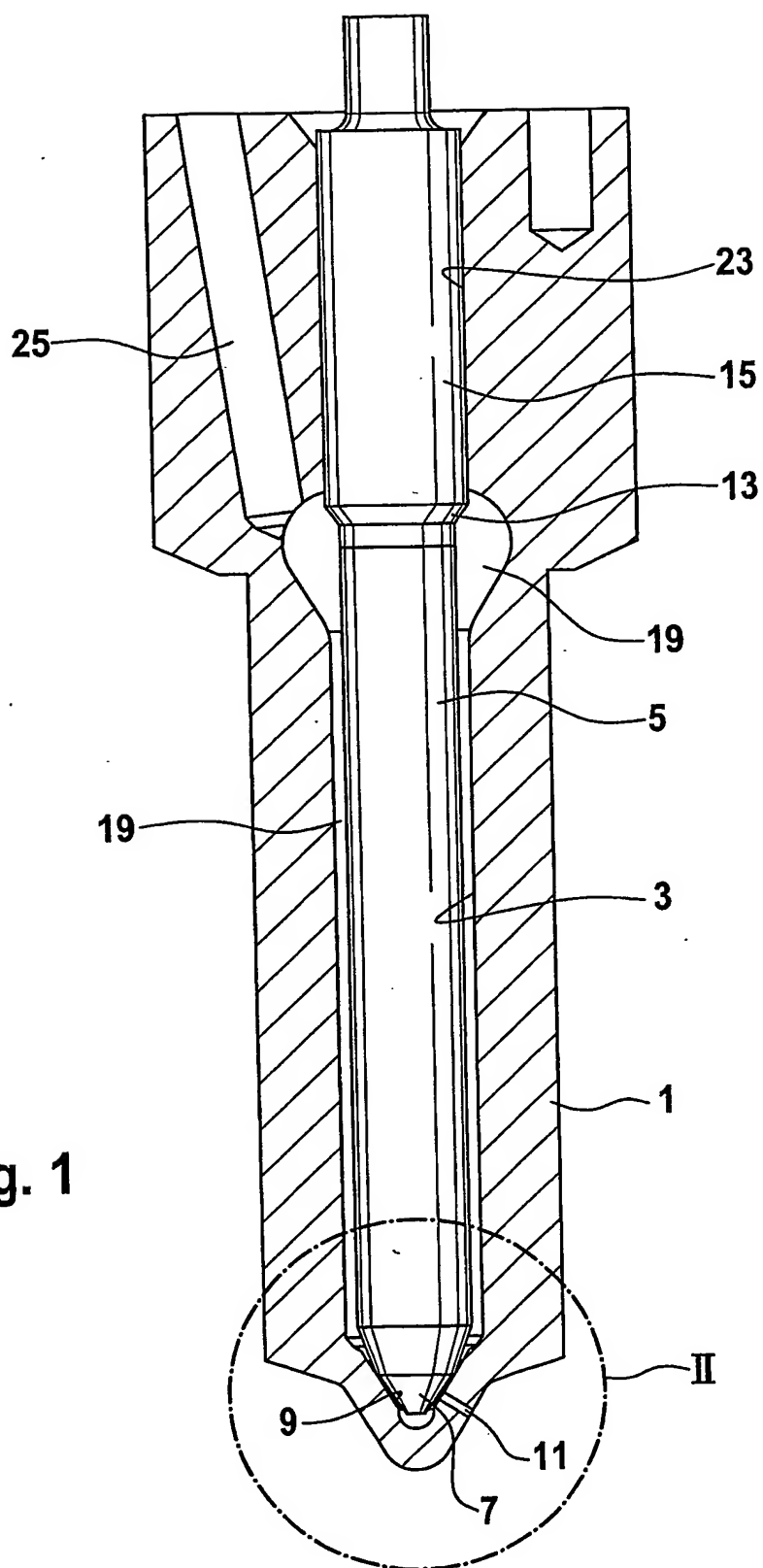
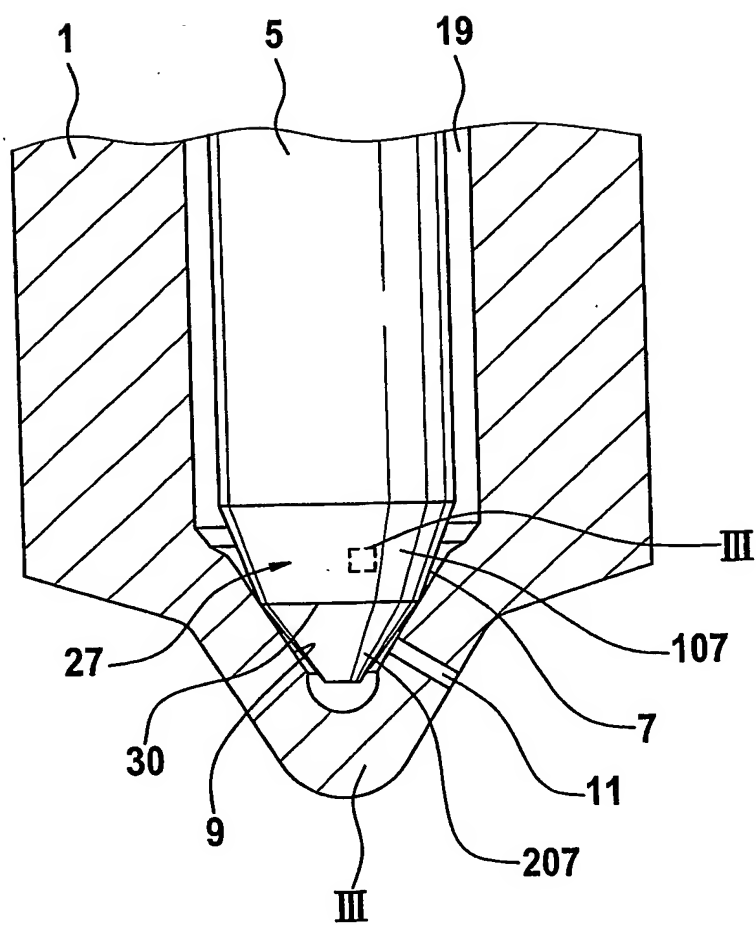


Fig. 1

2 / 4

Fig. 2



3 / 4

Fig. 3a

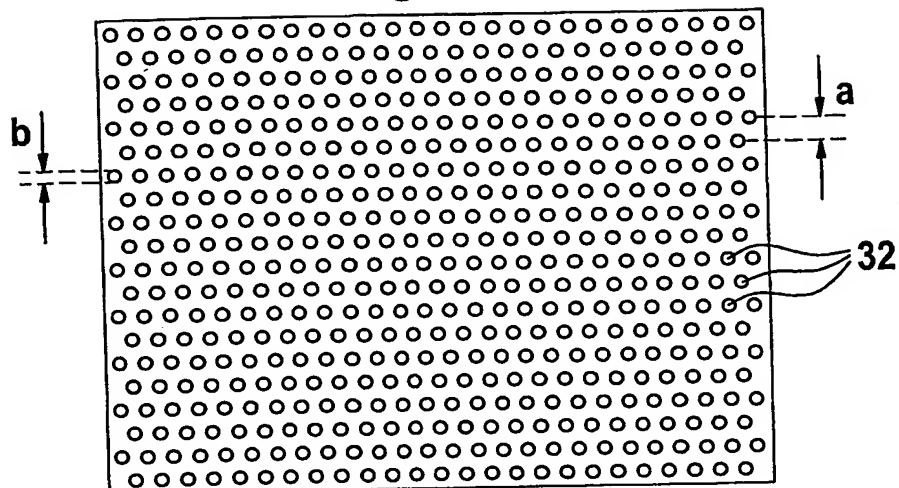


Fig. 3b

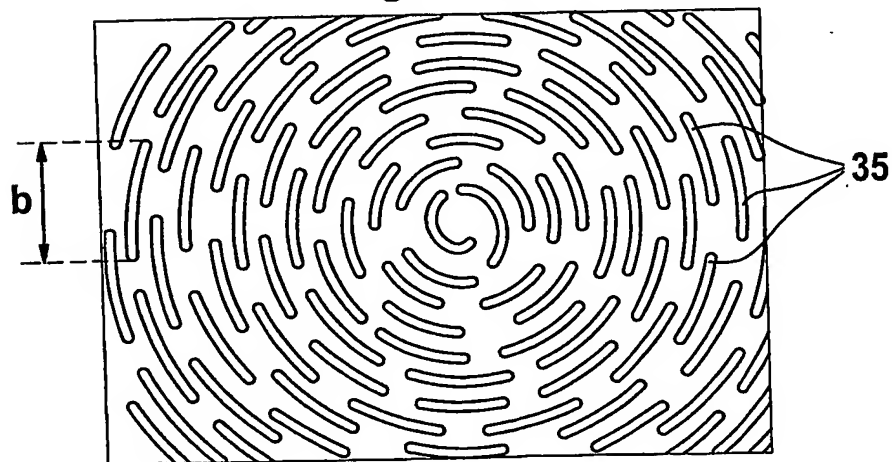
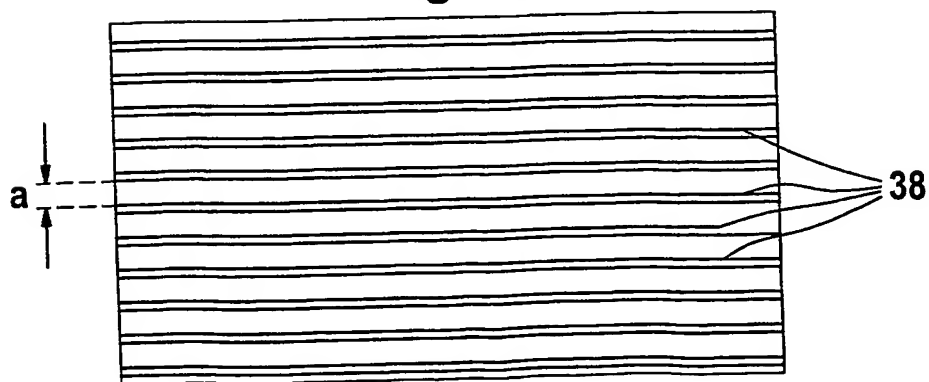
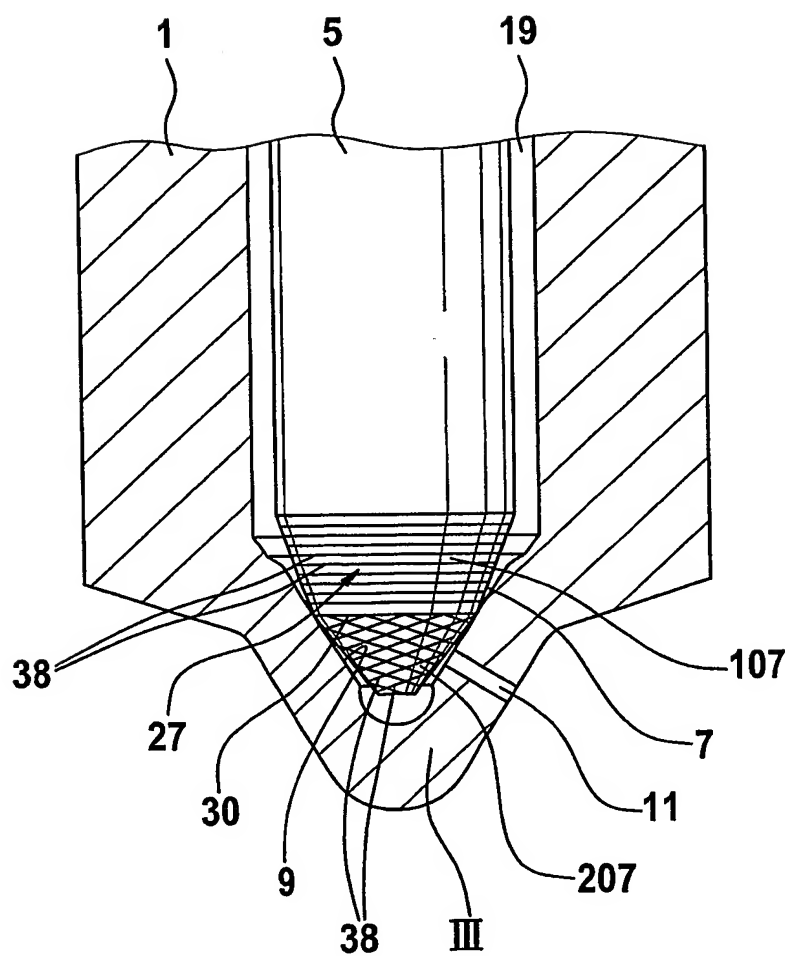


Fig. 3c



4 / 4

Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/01370

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02M61/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 31 891 A (SIEMENS AG) 18 January 2001 (2001-01-18) column 3, line 57 -column 4, line 45; figures 2,3	1,7,10
A	WO 99 49209 A (ORANGE GMBH ;DANCKERT BERND (DE); WAGNER BERND (DE); MOTOREN TURBI) 30 September 1999 (1999-09-30) page 10, line 8 -page 13, line 15; figures 3,4	2,6,7, 9-16
A	WO 98 14710 A (KINROT OFER ;ETSION IZHAK (IL); FRIEDMAN MARK M (IL); SURFACE TECH) 9 April 1998 (1998-04-09) abstract; figure 1	2-6,13, 14
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 September 2003

Date of mailing of the international search report

19/09/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kolland, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/01370

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	<p>WO 02 090760 A (BOHNSACK RUEDIGER ; BOSCH GMBH ROBERT (DE); REDLICH ALEXANDER (DE);) 14 November 2002 (2002-11-14) page 6, line 1 -page 7, line 13; figures 2,3</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>2-6, 12-14</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/01370

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19931891	A	18-01-2001	DE 19931891 A1	18-01-2001
			FR 2796103 A1	12-01-2001
			US 6565017 B1	20-05-2003
WO 9949209	A	30-09-1999	DE 19813454 A1	14-10-1999
			DE 19820264 A1	11-11-1999
			AT 226279 T	15-11-2002
			DE 59903092 D1	21-11-2002
			WO 9949209 A1	30-09-1999
			EP 1066466 A1	10-01-2001
			US 6477940 B1	12-11-2002
WO 9814710	A	09-04-1998	US 5834094 A	10-11-1998
			US 6046430 A	04-04-2000
			AU 4585397 A	24-04-1998
			EP 0930953 A1	28-07-1999
			JP 2002507270 T	05-03-2002
			KR 2000048675 A	25-07-2000
			US 5952080 A	14-09-1999
			US 6002100 A	14-12-1999
			WO 9814710 A1	09-04-1998
WO 02090760	A	14-11-2002	DE 10122167 A1	14-11-2002
			WO 02090760 A1	14-11-2002

INTERNATIONALES RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PO/DE 03/01370

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02M61/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 199 31 891 A (SIEMENS AG) 18. Januar 2001 (2001-01-18) Spalte 3, Zeile 57 -Spalte 4, Zeile 45; Abbildungen 2,3	1,7,10
A	WO 99 49209 A (ORANGE GMBH ;DANCKERT BERND (DE); WAGNER BERND (DE); MOTOREN TURBI) 30. September 1999 (1999-09-30) Seite 10, Zeile 8 -Seite 13, Zeile 15; Abbildungen 3,4	2,6,7, 9-16
A	WO 98 14710 A (KINROT OFER ;ETSION IZHAK (IL); FRIEDMAN MARK M (IL); SURFACE TECH) 9. April 1998 (1998-04-09) Zusammenfassung; Abbildung 1	2-6,13, 14
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. September 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/09/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kolland, U

INTERNATIONALES RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/01370

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,A	<p>WO 02 090760 A (BOHNSACK RUEDIGER ;BOSCH GMBH ROBERT (DE); REDLICH ALEXANDER (DE);) 14. November 2002 (2002-11-14) Seite 6, Zeile 1 -Seite 7, Zeile 13; Abbildungen 2,3</p> <p>-----</p>	<p>2-6, 12-14</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/01370

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19931891 A	18-01-2001	DE 19931891 A1	18-01-2001
		FR 2796103 A1	12-01-2001
		US 6565017 B1	20-05-2003
WO 9949209 A	30-09-1999	DE 19813454 A1	14-10-1999
		DE 19820264 A1	11-11-1999
		AT 226279 T	15-11-2002
		DE 59903092 D1	21-11-2002
		WO 9949209 A1	30-09-1999
		EP 1066466 A1	10-01-2001
		US 6477940 B1	12-11-2002
WO 9814710 A	09-04-1998	US 5834094 A	10-11-1998
		US 6046430 A	04-04-2000
		AU 4585397 A	24-04-1998
		EP 0930953 A1	28-07-1999
		JP 2002507270 T	05-03-2002
		KR 2000048675 A	25-07-2000
		US 5952080 A	14-09-1999
		US 6002100 A	14-12-1999
		WO 9814710 A1	09-04-1998
WO 02090760 A	14-11-2002	DE 10122167 A1	14-11-2002
		WO 02090760 A1	14-11-2002

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.